

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09093426 A

(43) Date of publication of application: 04.04.1997

(51) Int. Cl. H04N 1/393

A61B 6/00, G03B 42/02, G06T 3/40

(21) Application number: 07337570

(22) Date of filing: 25.12.1995

(30) Priority: 13.07.1995 JP 07177007

(71) Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD

(72) Inventor: ITO WATARU

(54) INTERPOLATION ARITHMETIC OPERATION  
METHOD FOR IMAGE DATA AND DEVICE  
USING THE METHOD

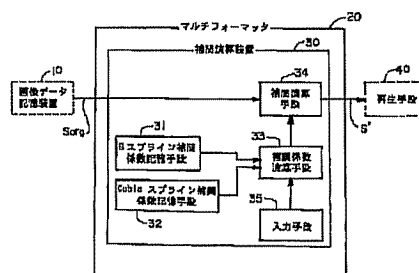
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the degree of freedom of adjustment of sharpness of an interpolated image obtained by linear combination of two interpolation arithmetic operations with different sharpness in the interpolation arithmetic operation device for image data.

SOLUTION: An interpolation coefficient arithmetic operation means 33 calculates a new interpolation coefficient  $A_{ij}$  according to equation  $A_{ij} = (1-\alpha) C_{ij} + \alpha B_{ij}$ , where  $C_{ij}$  is an interpolation coefficient by the cubic spline interpolation arithmetic operation with high sharpness,  $B_{ij}$  is an interpolation coefficient by the cubic spline interpolation arithmetic operation with low

sharpness, and  $\alpha$  is an optional parameter received from an input means 35 and a real number. An interpolated image with desired sharpness is obtained, based on the new interpolation controller Aij and linear image data S received from an image data storage device 10.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO





特開平9-93426

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N	1/393		H 0 4 N	1/393
A 6 1 B	6/00		G 0 3 B	42/02
G 0 3 B	42/02		A 6 1 B	6/00
G 0 6 T	3/40		G 0 6 F	15/66
				3 5 0 A
				3 5 5 C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-337570

(22) 出願日 平成7年(1995)12月25日

(31) 優先権主張番号 特願平7-177007

(32) 優先日 平7(1995)7月13日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 伊藤 渡

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像データの補間演算方法およびその方法を使用した装置

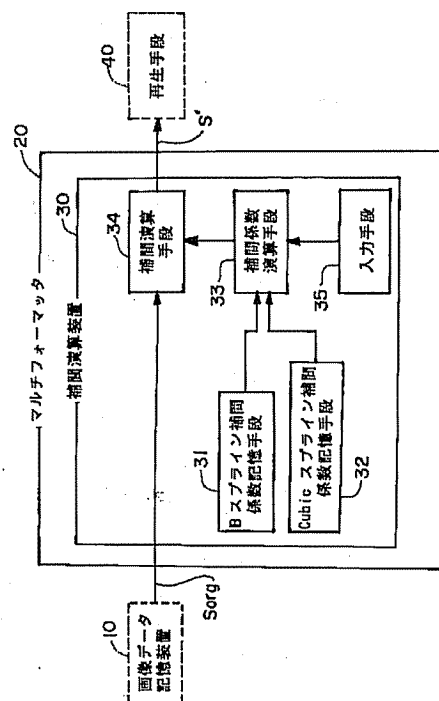
(57) 【要約】

【課題】 画像データの補間演算装置において、鮮鋭度の互いに異なる2つの補間演算を線形結合して得られる補間画像の鮮鋭度の調整の自由度を高いものとする。

【解決手段】 鮮鋭度の高いキュービックスプライン補間演算による補間係数 $C_{ij}$ と鮮鋭度の低いピースプライン補間演算による補間係数 $B_{ij}$ とを、入力手段35から入力された任意のパラメータ $\alpha$ に応じて、補間係数演算手段33が下記式にしたがって新たな補間係数 $A_{ij}$ を算出し、この新たな補間係数 $A_{ij}$ と画像データ記憶装置10から入力された1次画像データ $S$ とに基づいて、所望の鮮鋭度の補間画像を得る。

$$A_{ij} = (1 - \alpha) C_{ij} + \alpha B_{ij}$$

( $\alpha$ は全実数)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像を表す多数の原画像データ  $Y_{ij}$  に対して、互いに鮮鋭度の異なる2つの補間画像を得るための下記式(1)および(2)で表される互いに異なる2つの補間関数  $f$ 、 $g$  における前記各画像データ  $Y_{ij}$  ごとの対応する補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  を下記式(3)に示すように線形結合して得られた新たな補間係数  $A_{ij}$  を有する補間関数  $h$  による式(4)にしたがった補間演算を施して、該原画像データとは間隔の異なる補間画像データを求める画像データの補間演算方法において、

$$f = \sum B_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (1)$$

$$g = \sum C_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (2)$$

$$A_{ij} = (1 - \alpha) B_{ij} + \alpha C_{ij} \quad (3)$$

$$h = \sum A_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (4)$$

(ただし、 $i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots$ )

前記式(3)における係数  $\alpha$  を0より小さい範囲および/または1より大きい範囲を含む実数としたことを特徴とする画像データの補間演算方法。

【請求項2】 前記2つの補間関数のうち一方の補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_1$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第1のルックアップテーブル、および前記他方の補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_2$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第2のルックアップテーブルのうち、前記補間画像についての所望の画像拡大倍率に対応した第1のルックアップテーブルおよび第2のルックアップテーブルを参照して、該画像拡大倍率における前記一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および前記他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  を求め、前記補間画像についての所望のレスポンス  $R$ 、前記一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および前記他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  に基づいて下記式(5)にしたがった演算により前記係数  $\alpha$  を求めることを特徴とする請求項1記載の画像データの補間演算方法。

$$\alpha = (R - R_1) / (R_2 - R_1) \quad (5)$$

【請求項3】 前記互いに鮮鋭度の異なる2つの補間関数のうち一方がビースプライン補間演算関数、他方がキュービックスプライン補間演算関数であることを特徴とする請求項1または2記載の画像データの補間演算方法。

【請求項4】 画像を表す多数の原画像データに対して、互いに鮮鋭度の異なる2つの補間画像を得るための下記式(1)および(2)で表される互いに異なる2つの補間関数  $f$ 、 $g$  における前記各画像データ  $Y_{ij}$  ごとの対応する補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  を下記式(3)に示すように線形結合して得られた新たな補間係数  $A_{ij}$  を有する補間関数  $h$  による式(4)にしたがった補間演算を施して、該原画像データとは間隔の異なる補間画像データを求める画像データの補間演算装置において、

$$f = \sum B_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (1)$$

$$g = \sum C_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (2)$$

$$A_{ij} = (1 - \alpha) B_{ij} + \alpha C_{ij} \quad (3)$$

$$h = \sum A_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (4)$$

(ただし、 $i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots$ )

前記補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  を記憶しておく記憶手段と、前記補間画像データに基づいて再生される2次画像の鮮鋭度を決定する係数  $\alpha$  を0より小さい範囲および/または1より大きい範囲を含む実数として入力する入力手段と、

前記記憶手段に記憶された前記補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  と前記入力手段から入力された前記係数  $\alpha$  とに基づいて該係数  $\alpha$  に応じた補間係数  $A_{ij}$  を求める補間係数演算手段と、

予め、前記式(4)の演算式を記憶し、前記補間係数演算手段により求められた補間係数  $A_{ij}$  および原画像データ  $Y_{ij}$  に基づいて、補間点  $X_p$  の補間画像データ  $Y_p$  を該式(4)にしたがって求める補間演算手段とを備えることを特徴とする画像データの補間演算装置。

【請求項5】 前記入力手段が、前記補間画像についての所望のレスポンス  $R$  を入力するレスポンス入力手段と、

前記2つの補間関数のうち一方の補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_1$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第1のルックアップテーブル、および前記他方の補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_2$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第2のルックアップテーブルと、

前記補間画像についての所望の画像拡大倍率に対応した第1のルックアップテーブルおよび第2のルックアップテーブルを参照して、該画像拡大倍率における前記一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および前記他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  を求め、この求められた一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  と前記所望のレスポンス  $R$  とに基づいて、下記式

(5)にしたがった演算により前記係数  $\alpha$  を求める係数算出手段とを有することを特徴とする請求項4記載の画像データの補間演算装置。

$$\alpha = (R - R_1) / (R_2 - R_1) \quad (5)$$

【請求項6】 前記互いに鮮鋭度の異なる2つの補間関数のうち一方がビースプライン補間演算関数、他方がキュービックスプライン補間演算関数であることを特徴とする請求項4または5記載の画像データの補間演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は画像データの補間演算方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、写真フィルムに記録された画像を光電的に読み取って画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生記録することが種々の分野で行われている。また、人体等の被写体の放射線画像情報を一旦シート状の蓄積性蛍光体に記録し、この蓄積性蛍光体シートをレーザー光等の励起光で走査して輝尽発光光を生ぜしめ、得られた輝尽発光光を光電的に読み取って画像信号を得、この画像データに基づき被写体の放射線画像を写真感光材料等の記録材料、CRT等に可視像として出力させる放射線画像記録再生システムがすでに実用化されている。このシステムは、従来の銀塩写真を用いる放射線写真システムと比較して極めて広い放射線露出域にわたって画像を記録しようという実用的な利点を有している。

【0003】上記のように画像信号を得てこの画像信号に基づいて可視画像を再生するシステムにおいて、その可視画像のうち観察対象となる関心領域をより詳細に観察したいとき、その領域を拡大して再生することがある。この場合、拡大して再生に供する画像データの数を原画像に対応した原画像データのデータ数のままで拡大再生したのでは、人の視覚の特性上その拡大画像の鮮鋭度は原画像よりも相対的に低下したものと認識される。このため画像を単に拡大再生しただけでは鮮鋭度が低下して画像の詳細な観察はできない。

【0004】そこで、原画像を読み取って得られた原画像データに対して所定の補間演算を施して原画像データ数とは異なるデータ数、具体的には拡大再生に際しては原画像データよりも多いデータ数の2次的な画像データである補間画像データを求め、この補間画像データに基づいて可視画像の再生を行うことによって、拡大再生し

$$f_k(x) = A_k x^3 + B_k x^2 + C_k x + D_k \quad (6)$$

キュービックスプライン補間演算においては、スプライン補間関数  $f_k$  は元のサンプル点(画素)を通ることと、その第1階微分係数が各区分間で連続することが必要とされ、これらの条件から下記式(7)～(10)を満たす必要がある

$$f_k(X_k) = Y_k \quad (7)$$

$$f_k(X_{k+1}) = Y_{k+1} \quad (8)$$

$$f_k'(X_k) = f_{k-1}'(X_k) \quad (9)$$

$$f_k'(X_{k+1}) = f_{k+1}'(X_{k+1}) \quad (10)$$

なお、 $f_k'$  は関数  $f_k$  の第1階微分 ( $3A_k x^2 + 2B_k x + C_k$ ) を表すものである。

$$f_k'(X_k) = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1}) \quad (11)$$

同様に、画素  $X_{k+1}$  における第1階微分係数が、その画素  $X_{k+1}$  の前後の画素である  $X_k$  と  $X_{k+2}$  について、これらの画像データ  $Y_k$ 、 $Y_{k+2}$  の勾配 ( $Y_{k+2} -$

$$f_k'(X_{k+1}) = (Y_{k+2} - Y_k) / (X_{k+2} - X_k) \quad (12)$$

ここで、各区分  $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ 、 $X_{k-1} \sim X_k$ 、 $X_k \sim X_{k+1}$ 、 $X_{k+1} \sim X_{k+2}$  の間隔(格子間隔という)を1とし、画素  $X_k$  からの画素  $X_{k+1}$  方向への補間点  $X_p$  の

場合でも画像の鮮鋭度の低下を防止することができ

る。

【0005】このように画像データに対して補間演算を施す補間演算方法としては従来より種々の方法が提案されているが、一般に3次のスプライン補間関数による方法がよく用いられている。この方法は、デジタル的に得られた原画像データ  $\{Y_k\}$  を各区分ごとに3次関数  $\{f_k\}$  で結び、補間点の設定位置(上記各区分内での設定位置)における  $f_k$  の値を補間画像データとするものである。

【0006】このように原画像データを通過する補間演算は、鮮鋭度が比較的高い補間方法であり、例えばキュービックスプライン(Cubic スプライン)補間演算などが知られている。以下、このキュービックスプライン補間演算について具体的に説明する。

【0007】原画像からデジタル的に読み取って得られた連続する画素  $X_{k-2}$ 、 $X_{k-1}$ 、 $X_k$ 、 $X_{k+1}$ 、 $X_{k+2}$ 、…の画像データ(原画像データ)を図4に示すようにそれぞれ  $Y_{k-2}$ 、 $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$ 、…とする。ここで、3次のスプライン補間関数は、各区分  $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ 、 $X_{k-1} \sim X_k$ 、 $X_k \sim X_{k+1}$ 、 $X_{k+1} \sim X_{k+2}$  ごとにそれぞれ設定され、各区分に対応するスプライン補間関数を  $f_{k-2}$ 、 $f_{k-1}$ 、 $f_k$ 、 $f_{k+1}$ 、 $f_{k+2}$  とする。この補間関数はいずれも各区分の位置を変数とする3次関数である。

【0008】ここでまず、補間しようとする点(以下、補間点という)  $X_p$  が区分  $X_k \sim X_{k+1}$  の範囲にある場合について説明する。なお、区分  $X_k \sim X_{k+1}$  に対応するスプライン補間関数  $f_k$  は下記式(6)で表される。

$$f_k(x) = A_k x^3 + B_k x^2 + C_k x + D_k \quad (6)$$

【0010】ここで、キュービックスプライン補間演算は厳密には第2階微分係数の連続条件を含むが、この第2階微分係数の連続条件によれば演算式が複雑になるため、上述のように簡略化して用いるのが一般的である。

【0011】またキュービックスプライン補間演算においては、画素  $X_k$  における第1階微分係数が、その画素  $X_k$  の前後の画素である  $X_{k-1}$  と  $X_{k+1}$  について、これらの画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_{k+1}$  の勾配 ( $Y_{k+1} - Y_{k-1} / (X_{k+1} - X_{k-1})$ ) に一致することが条件であるから、下記式(11)を満たす必要がある。

$$f_k'(X_k) = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1}) \quad (11)$$

$Y_k / (X_{k+2} - X_k)$  に一致することが条件であるから、下記式(12)を満たす必要がある。

$$f_k'(X_{k+1}) = (Y_{k+2} - Y_k) / (X_{k+2} - X_k) \quad (12)$$

位置を  $t$  ( $0 \leq t \leq 1$ ) とすれば、式(6)～(12)より、

$$f_k(0) = D_k = Y_k$$

$$\begin{aligned} f_k(1) &= A_k + B_k + C_k + D_k = Y_{k+1} \\ f'_k(0) &= C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2 \\ f'_k(1) &= 3A_k + 2B_k + C_k = (Y_{k+2} - Y_k) / 2 \end{aligned}$$

したがって、

$$\begin{aligned} A_k &= (Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1}) / 2 \\ B_k &= (-Y_{k+2} + 4Y_{k+1} - 5Y_k + 2Y_{k-1}) / 2 \end{aligned}$$

ここで上記各係数  $A_k$ ,  $B_k$ ,  $C_k$ ,  $D_k$  を式 (13) に代入すると、

$$\begin{aligned} Y_p &= \{ (Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1}) / 2 \} \\ &\quad t^3 + \{ (-Y_{k+2} + 4Y_{k+1} - 5Y_k + 2Y_{k-1}) / 2 \} \\ &\quad t^2 + \{ (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2 \} t + Y_k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_p &= \{ (-t^3 + 2t^2 - t) / 2 \} Y_{k-1} \\ &\quad + \{ (3t^3 - 5t^2 + 2) / 2 \} Y_k \\ &\quad + \{ (-3t^3 + 4t^2 + t) / 2 \} Y_{k+1} \\ &\quad + \{ (t^3 - t^2) / 2 \} Y_{k+2} \end{aligned} \quad (14)$$

ここで、原画像データ  $Y_{k-1}$ ,  $Y_k$ ,  $Y_{k+1}$ ,  $Y_{k+2}$  の各係数を補間係数  $c_{k-1}$ ,  $c_k$ ,  $c_{k+1}$ ,  $c_{k+2}$  と称する。すなわち、式 (14) における原画像データ  $Y_{k-1}$ ,  $Y_k$ ,  $Y_{k+1}$ ,  $Y_{k+2}$  にそれぞれ対応する補間係数  $c_{k-1}$ ,  $c_k$ ,  $c_{k+1}$ ,  $c_{k+2}$  は、

$$\begin{aligned} c_{k-1} &= (-t^3 + 2t^2 - t) / 2 \\ c_k &= (3t^3 - 5t^2 + 2) / 2 \\ c_{k+1} &= (-3t^3 + 4t^2 + t) / 2 \\ c_{k+2} &= (t^3 - t^2) / 2 \end{aligned}$$

となる。

【0015】以上の演算を各区間  $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ ,  $X_{k-1} \sim X_k$ ,  $X_k \sim X_{k+1}$ ,  $X_{k+1} \sim X_{k+2}$  について繰り返すことにより、原画像データの全体について原画像データとは間隔の異なる補間画像データを求めることができる。

【0016】ところで、上記キュービックスプライン補

$$f_k(x) = A_k x^3 + B_k x^2 + C_k x + D_k \quad (6)$$

において、

$$f'_k(X_k) = f'_{k-1}(X_k) \quad (9)$$

$$f'_k(X_{k+1}) = f'_{k+1}(X_{k+1}) \quad (10)$$

$$f''_k(X_k) = f''_{k-1}(X_k) \quad (15)$$

$$f''_k(X_{k+1}) = f''_{k+1}(X_{k+1}) \quad (16)$$

が条件となる。ただし、画素  $X_k$  における第1階微分係

$$f'_k(X_k) = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1}) \quad (11)$$

同様に、画素  $X_{k+1}$  における第1階微分係数が、その画素  $X_{k+1}$  の前後の画素である  $X_k$  と  $X_{k+2}$  について、これらの画像データ  $Y_k$ ,  $Y_{k+2}$  の勾配  $(Y_{k+2} -$

$$f'_k(X_{k+1}) = (Y_{k+2} - Y_k) / (X_{k+2} - X_k) \quad (12)$$

また関数  $f(X)$  は一般に下記式 (17) に示すもので近似される。

$$f(X) = f(0) + f'(0)X + \{f''(0)/2\}X^2 \quad (17)$$

ここで、各区間  $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ ,  $X_{k-1} \sim X_k$ ,  $X_k \sim X_{k+1}$ ,  $X_{k+1} \sim X_{k+2}$  の間隔 (格子間隔という) を1

$$C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2$$

$$D_k = Y_k$$

なお、スプライン補間関数  $f_k(x)$  は上述の通り、 $X = t$  なる変数変換をしているため、

$$f_k(x) = f_k(t)$$

となる。よって、補間点  $X_p$  における補間画像データ  $Y_p$  は、

$$Y_p = f_k(t) = A_k t^3 + B_k t^2 + C_k t + D_k \quad (13)$$

となり、これを画像データ  $Y_{k-1}$ ,  $Y_k$ ,  $Y_{k+1}$ ,  $Y_{k+2}$  について整理すると、下記式 (14) で表すことができる。

【0014】

間演算は、前述したように元のサンプル点 (画素) を通ることと、その第1階微分係数が各区間で連続することが必要とされていて、鮮鋭度の比較的高いシャープな2次画像 (補間により得られる画像) を再生するための補間画像データを得る補間関数であるが、一方、原画像の濃度変化が緩い部分についての補間演算では鮮鋭度は比較的低いが滑らかな2次画像を再生するのが望ましい。このように鮮鋭度は比較的低いが滑らかな2次画像を再生する補間画像データを得る補間関数としては例えばビースプライン (Bスプライン) 補間演算が知られている。このビースプライン補間演算は、元のサンプル点 (画素) を通ることは必要とされない代わりに、第1階微分係数および第2階微分係数 ( $f''(X)$ ) で表す) が各区間で連続することが必要とされる。

【0017】すなわち、

数が、その画素  $X_k$  の前後の画素である  $X_{k-1}$  と  $X_{k+1}$  について、これらの画像データ  $Y_{k-1}$ ,  $Y_{k+1}$  の勾配  $(Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1})$  に一致することが条件であるから、下記式 (11) を満たす必要がある。

【0018】

$Y_k) / (X_{k+2} - X_k)$  に一致することが条件であるから、下記式 (12) を満たす必要がある。

【0019】

【0020】

とし、画素  $X_k$  からの画素  $X_{k+1}$  方向への補間点  $X_p$  の位置を  $t$  ( $0 \leq t \leq 1$ ) とすれば、式 (6)、(9) ~

(13)、(15)～(17)より、

$$f_k'(0) = C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2$$

$$f_k'(1) = 3A_k + 2B_k + C_k = (Y_{k+2} - Y_k) / 2$$

$$f_k''(0) = Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1} = 2B$$

したがって、

$$A_k = (Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1}) / 6$$

$$B_k = (Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1}) / 2$$

$$C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2$$

ここで、 $D_k$  は未知のため、

$$D_k = (D_1 Y_{k+2} + D_2 Y_{k+1} + D_3 Y_k + D_4 Y_{k-1}) / 6$$

$$f_k(t) = \{ (-t^3 + 3t^2 - 3t + D_4) / 6 \} Y_{k-1} \\ + \{ (3t^3 - 6t^2 + D_3) / 6 \} Y_k \\ + \{ (-3t^3 + 3t^2 + 3t + D_2) / 6 \} Y_{k+1} \\ + \{ (t^3 + D_1) / 6 \} Y_{k+2} \quad (18)$$

ここで、 $t=1$ とおけば、

$$f_k(1) = \{ (D_4 - 1) / 6 \} Y_{k-1} + \{ (D_3 - 3) / 6 \} Y_k + \{ (D_2 + 3) / 6 \} Y_{k+1} + \{ (D_1 + 1) / 6 \} Y_{k+2}$$

$$f_{k+1}(t) = \{ (-t^3 + 3t^2 - 3t + D_4) / 6 \} Y_k \\ + \{ (3t^3 - 6t^2 + D_3) / 6 \} Y_{k+1} \\ + \{ (-3t^3 + 3t^2 + 3t + D_2) / 6 \} Y_{k+2} \\ + \{ (t^3 + D_1) / 6 \} Y_{k+3} \quad (19)$$

ここで、 $t=0$ とおけば、

$$f_{k+1}(0) = (D_4 / 6) Y_k + (D_3 / 6) Y_{k+1} \\ + (D_2 / 6) Y_{k+2} + (D_1 / 6) Y_{k+3}$$

連続性の条件 ( $f_k(1) = f_{k+1}(0)$ )、および各原画像データに対応する係数同士が等しいという条件に

$$Y_p = f_k(t) = \{ (-t^3 + 3t^2 - 3t + 1) / 6 \} Y_{k-1} \\ + \{ (3t^3 - 6t^2 + 4) / 6 \} Y_k \\ + \{ (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) / 6 \} Y_{k+1} \\ + \{ t^3 / 6 \} Y_{k+2} \quad (20)$$

したがって、原画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  にそれぞれ対応する補間係数  $b_{k-1}$ 、 $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 、 $b_{k+2}$  は、

$$b_{k-1} = (-t^3 + 3t^2 - 3t + 1) / 6$$

$$b_k = (3t^3 - 6t^2 + 4) / 6$$

$$b_{k+1} = (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) / 6$$

$$b_{k+2} = t^3 / 6$$

となる。

【0022】以上の演算を各区間  $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ 、 $X_{k-1} \sim X_k$ 、 $X_k \sim X_{k+1}$ 、 $X_{k+1} \sim X_{k+2}$  について繰り返すことにより、原画像データの全体について原画像データとは間隔の異なる補間画像データを求めることができる。

【0023】このように2次画像(補間画像)を高い鮮鋭度でシャープに再生したい場合は例えばキュービックスプライン補間演算を用い、低い鮮鋭度で滑らかに再生したい場合は例えばビースプライン補間演算を用いればよい。

とおく。また、スプライン補間関数  $f_k(x)$  は上述の通り、 $X=t$  なる変数変換をしているため、

$$f_k(x) = f_k(t)$$

となる。よって、

$$f_k(t) = \{ (Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1}) / 6 \} t^3 \\ + \{ (Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1}) / 2 \} t^2 \\ + \{ (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2 \} t + (D_1 Y_{k+2} + D_2 Y_{k+1} + D_3 Y_k + D_4 Y_{k-1}) / 6$$

となり、これを画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  について整理すると、下記式(18)で表すことができる。

【0021】

次に区間  $X_{k+1} \sim X_{k+2}$  についての式(18)は、

より、 $D_4 - 1 = 0$ 、 $D_3 - 3 = D_4$ 、 $D_2 + 3 = D_3$ 、 $D_1 + 1 = D_2$ 、 $D_1 = 0$ 、となり、したがって、

$$D_k = (Y_{k+1} + 4Y_k + Y_{k-1}) / 6$$

となる。よって、

【0024】さらに本願出願人は、互いに異なる鮮鋭度を有する2つの補間関数の対応する係数同士を、所望とする補間画像の鮮鋭度に応じて重み付け加算すること等により、補間画像の鮮鋭度をきめ細かく調整することを可能とした画像データの補間方法を提案している(特開平2-278478号参照)。この方法によれば、例えば鮮鋭度が互いに異なる2つの補間関数として上記キュービックスプライン補間演算とビースプライン補間演算とを採用した場合、キュービックスプライン補間演算の補間係数  $c_{k-1}$ 、 $c_k$ 、 $c_{k+1}$ 、 $c_{k+2}$  とビースプライン補間演算の補間係数  $b_{k-1}$ 、 $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 、 $b_{k+2}$  とを、原画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  に対応するごとに重み付けして加算するものであり、この重み付けの割合(係数)  $\alpha$  を変更することにより、最もシャープな鮮鋭度から最も滑らかな鮮鋭度の範囲内の中間的な所望とする鮮鋭度の2次画像を得ることができる。

【0025】すなわち、キュービックスプライン補間演算の補間係数を  $c_{k-1}$ 、 $c_k$ 、 $c_{k+1}$ 、 $c_{k+2}$ 、ビース

ブライン補間演算の補間係数を  $b_{k-1}$ 、 $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 、 $b_{k+2}$  としたときに、重み付けのされた補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  を、下記のように設定する。

$$\begin{aligned} \text{【0026】 } a_{k-1} &= (1-\alpha) c_{k-1} + \alpha b_{k-1} \\ a_k &= (1-\alpha) c_k + \alpha b_k \\ a_{k+1} &= (1-\alpha) c_{k+1} + \alpha b_{k+1} \end{aligned}$$

$$Y_p = a_{k-1} Y_{k-1} + a_k Y_k + a_{k+1} Y_{k+1} + a_{k+2} Y_{k+2} \quad (21)$$

なお、実際の画像は画素が2次元に配列されて形成されるため、上記補間係数  $a_k$  を、互いに異なる2つの配列方向 ( $i$  方向、 $j$  方向とする) ごとの補間係数  $B_{ij}$  または  $C_{ij}$  と表すものとする。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような補間画像の鮮鋭度については、より多彩な表現が求められる場合もある。例えば、キュービックスブライン補間演算単独で得られる補間画像よりもさらにシャープな鮮鋭度の補間画像や、ビースブライン補間演算単独で得られる補間画像よりもさらに滑らかな鮮鋭度の補間画像が要求される場合がある。

【0029】しかし上記特開平2-278478号に開示された画像データの補間方法では、キュービックスブライン補間演算とビースブライン補間演算とを採用した場合、キュービックスブライン補間演算による最もシャープな画像に対応する鮮鋭度からビースブライン補間演算による最も滑らかな画像に対応する鮮鋭度の範囲内でのみ鮮鋭度の調整ができるだけであり、上記多彩な鮮鋭度についての要望に応えることはできない。

【0030】本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、鮮鋭度の互いに異なる2つの補間演算を線形結合して得られる補間画像についての鮮鋭度の調整の自由度が高い、画像データの補間演算方法および装置を提供することを目的とするものである。

【0031】

【課題を解決するための手段】本発明の画像データの補間演算方法は、画像を表す多数の原画像データ  $Y_{ij}$  に対して、互いに鮮鋭度の異なる2つの補間画像を得るための下記式(1)および(2)で表される互いに異なる2つの補間関数  $f$ 、 $g$  における前記各画像データ  $Y_{ij}$  ごとの対応する補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  を下記式(3)に示すように線形結合して得られた新たな補間係数  $A_{ij}$  を有する補間関数  $h$  による式(4)にしたがった補間演算を施して、該原画像データとは間隔の異なる補間画像データを求める画像データの補間演算方法において、

$$f = \sum B_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (1)$$

$$g = \sum C_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (2)$$

$$A_{ij} = (1-\alpha) B_{ij} + \alpha C_{ij} \quad (3)$$

$$h = \sum A_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (4)$$

(ただし、 $i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots$ )

前記式(3)における係数  $\alpha$  を0より小さい範囲および

$$a_{k+2} = (1-\alpha) c_{k+2} + \alpha b_{k+2} \quad (\text{ただし、} 0 \leq \alpha \leq 1)$$

このようにして得られた新たな補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  に基づいて下記式(21)により補間画像データ  $Y_p$  を算出する。

【0027】

／または1より大きい範囲を含む実数としたことを特徴とするものである。

【0032】ここで上記互いに鮮鋭度の異なる2つの補間関数としては、鮮鋭度の比較的低い画像に対応する補間関数をビースブライン補間演算関数、これよりも鮮鋭度の高い画像に対応する補間関数をキュービックスブライン補間演算関数とするのが望ましい。この両者の組合わせの場合は、第1階微分係数が連続するからである。

【0033】ただし、本発明の画像データの補間演算方法はこれらの組合わせに限るものではなく、ビースブライン補間演算関数、キュービックスブライン補間演算関数、線形補間関数、ラグランジュ補間演算関数などの種々の補間演算関数を用いることができ、これらのうちの任意の2つの補間演算関数の組み合わせることができる。

【0034】また各補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  は、画像を構成する画素の互いに異なる2つの配列方向 ( $i$  方向、 $j$  方向とする) ごとの補間係数を意味するものである(従来技術の項に記載した補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  等の各原画像データに乘じられる係数に該当する)。

【0035】また、本発明の画像データの補間演算方法においては、前記2つの補間関数のうち一方の補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_1$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第1のルックアップテーブル、および前記他方の補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_2$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第2のルックアップテーブルのうち、前記補間画像についての所望の画像拡大倍率に対応した第1のルックアップテーブルおよび第2のルックアップテーブルを参照して、該画像拡大率における前記一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および前記他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  を求め、前記補間画像についての所望のレスポンス  $R$ 、前記一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および前記他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  に基づいて下記式(5)にしたがった演算により前記係数  $\alpha$  を求めるようにしてもよい。

【0036】

$$\alpha = (R - R_1) / (R_2 - R_1) \quad (5)$$

ここで、所定の拡大倍率に対応した第1のルックアップテーブル、第2のルックアップテーブルの例を図5に示



す。この図5から、例えば人間の目に一番敏感な1 cycle/mmを注目周波数として各ルックアップテーブルから周波数1 cycle/mmにおけるレスポンス $R_1$ 、 $R_2$ を得、これらを $R = \alpha R_2 + (1 - \alpha) R_1$ にしたがった1次補間することによって所望のレスポンス $R$ が得られるため、この式を係数 $\alpha$ について整理することによって式

(5) が得られる。なお、注目周波数については1 cycle/mmに限るものではなく、画像の種類等に応じて他の空間周波数や、あるいは2以上の異なる空間周波数であってもよく、2以上の空間周波数におけるレスポンスを加算平均したもの等を代表値として用いることができる。

【0037】このようにレスポンス $R$ を所望の値として直接指定する方法は、鮮鋭度の変化の程度は画像のレスポンスの変化として把握し易いため、無機質な単なる係数としての $\alpha$ の値を指定する方法よりも実感に近い鮮鋭度の補間画像を得ることができる。

【0038】なお、上述のようなレスポンス $R$ を指定する方法の場合であって、画像を拡大する場合には、その画像の拡大倍率を何らかの公知の手段を用いて指定する必要がある。そして指定された拡大倍率に合致する第1のルックアップテーブルおよび第2のルックアップテーブルが上記複数のルックアップテーブルのうちに有る場合はそのルックアップテーブルを選択すればよいが、指定された拡大倍率に合致するルックアップテーブルが無い場合は、各ルックアップテーブル群のうち、指定された拡大倍率に最も近い2つの拡大倍率に対応する2つのルックアップテーブルをそれぞれ選択し、各ルックアップテーブルから得られたレスポンスを1次補間して求めるようにすればよい。

【0039】例えば、第1および第2のルックアップテーブルがともに、拡大倍率1.0倍、1.2倍、…、1.8倍、2.0倍の6種類ずつ準備されている場合に、指定された拡大倍率が例えば1.3倍であるときは、1.2倍のルックアップテーブルと1.4倍のルックアップテーブルとからそれぞれ得られたレスポンス $R_1(1.2)$ と $R_1(1.4)$ とを1次補間してレスポンス $R_1(1.3) = 0.5R_1(1.2) + 0.5R_1(1.4)$ とすればよい。同様に他方の補間関数のレスポンス $R_2$ についても、 $R_2(1.3) = 0.5R_2(1.2) + 0.5R_2(1.4)$ とすればよい。

【0040】すなわち、一般に拡大倍率 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i, n_{i+1}, \dots$ のルックアップテーブルが準備されている場合に、指定された拡大倍率が $n_j$  ( $i \leq j \leq i+1$ ) のとき、 $n_i$  のルックアップテーブルから得られたレスポンス $R_1(n_i)$ と $n_{i+1}$  のルックアップテーブルから得られたレスポンス $R_1(n_{i+1})$ とに基づいて、 $0 \leq s \leq 1$ なる実数 $s$ を用いて、 $R_1(n_j) = s \cdot R_1(n_i) + (1 - s) \cdot R_1(n_{i+1})$ にしたがって一方の補間関数のレスポンス $R_1$ を求めればよい。他方の補間関数のレスポンス $R_2$ についても同様にして求めることができる。

【0041】本発明の画像データの補間演算装置は、画像を表す多数の原画像データに対して、互いに鮮鋭度の異なる2つの補間画像を得るための下記式(1)および(2)で表される互いに異なる2つの補間関数 $f, g$ における前記各画像データ $Y_{ij}$ ごとの対応する補間係数 $B_{ij}, C_{ij}$ を下記式(3)に示すように線形結合して得られた新たな補間係数 $A_{ij}$ を有する補間関数 $h$ による式(4)にしたがった補間演算を施して、該原画像データとは間隔の異なる補間画像データを求める画像データの補間演算装置において、

$$f = \sum B_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (1)$$

$$g = \sum C_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (2)$$

$$A_{ij} = (1 - \alpha) B_{ij} + \alpha C_{ij} \quad (3)$$

$$h = \sum A_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (4)$$

前記補間係数 $B_{ij}, C_{ij}$ を記憶しておく記憶手段と、前記補間画像データに基づいて再生される2次画像の鮮鋭度を決定する係数 $\alpha$ を0より小さい範囲および/または1より大きい範囲を含む実数として入力する入力手段と、前記記憶手段に記憶された前記補間係数 $B_{ij}, C_{ij}$ と前記入力手段から入力された前記係数 $\alpha$ とに基づいて該係数 $\alpha$ に応じた補間係数 $A_{ij}$ を求める補間係数演算手段と、予め、前記式(4)の演算式を記憶し、前記補間係数演算手段により求められた補間係数 $A_{ij}$ および原画像データ $Y_{ij}$ に基づいて、補間点 $X_p$ の補間画像データ $Y_p$ を該式(4)にしたがって求める補間演算手段とを備えてなることを特徴とするものである。

【0042】なおこの装置においても、上記互いに鮮鋭度の異なる2つの補間関数としては、鮮鋭度の低い画像に対応する補間関数をビースプライン補間演算関数、これよりも鮮鋭度の高い画像に対応する補間関数をキュービックスプライン補間演算関数とするのが望ましいが、この両者の組合わせに限るものではなく、ビースプライン補間演算関数、キュービックスプライン補間演算関数、線形補間関数、ラグランジュ補間演算関数などの種々の補間演算関数を用いることができ、これらのうちの任意の2つの補間演算関数の組み合わせることができる。

【0043】また本発明の画像データの補間演算装置は、補間画像についての所望のレスポンス $R$ を入力するレスポンス入力手段と、2つの補間関数のうち一方の補間関数についての空間周波数とレスポンス $R_1$ とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第1のルックアップテーブル、および他方の補間関数についての空間周波数とレスポンス $R_2$ とを互いに異なる複数の画像拡大倍率ごとに予め対応付けて設定された複数の第2のルックアップテーブルと、補間画像についての所望の画像拡大倍率に対応した第1のルックアップテーブルおよび第2のルックアップテーブルを参照して、画像拡大倍率における一方の補間関数のレスポンス $R_1$ および前記他方の補間関数のレスポンス $R$

$R_2$  を求め、この求められた一方の補間関数のレスポンス  $R_1$  および他方の補間関数のレスポンス  $R_2$  と前記所望のレスポンス  $R$  とに基づいて、下記式 (5) にしたがった演算により前記係数  $\alpha$  を求める係数算出手段とを有する構成とすることもできる。

【0044】

$$\alpha = (R - R_1) / (R_2 - R_1) \quad (5)$$

この場合は、原画像に対する補間画像の拡大倍率である画像拡大倍率は独立した拡大倍率入力手段等から入力してもよいし、レスポンス入力手段がこの作用を兼ねる構成としてもよい。

【0045】なお、上記第1、第2のルックアップテーブルとしては例えば図5に示すものを適用することができる。また、この入力された画像拡大倍率が、ルックアップテーブルが予め準備されていない倍率である場合の対応については、前述した本発明の補間演算方法の場合と同様に、入力された倍率に最も近い2つの倍率に対応したルックアップテーブルからそれぞれ得られた2つのレスポンス値を1次補間して求めればよい。

【0046】

【発明の効果】本発明の画像データの補間演算方法、装置は、画像を表す多数の原画像データに対して、第1の鮮鋭度を有する補間画像を得るための第1の補間関数  $f$  と、第1の鮮鋭度とは異なる第2の鮮鋭度を有する補間画像を得るための第2の補間関数  $g$  との、各画像データごとの対応する補間係数同士について線形結合して新たな補間係数を求める。このときの線形結合による上記2つの補間係数に対する重み付けの係数を0から1の範囲のものに限らずに任意の実数とすることによって、第1の鮮鋭度と第2の鮮鋭度との間の範囲内の鮮鋭度に限られない範囲の多彩な鮮鋭度を有する補間画像を得ることができる。

【0047】すなわち、具体的には、第1の補間関数  $f$  および第2の補間関数  $g$  が下記に示すようなものであるとしたときに、

$$f = \sum B_{ij} \cdot Y_{ij}, \quad g = \sum C_{ij} \cdot Y_{ij}$$

(ただし、 $Y_{ij}$ は原画像データ、 $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$ は補間係数)

画像データごとの対応する補間係数同士の線形結合は、例えば画像データ  $Y_{12}$  ( $i=1, j=2$  の場合) についての補間関数  $f$  における補間係数  $B_{12}$  と補間関数  $g$  における補間関数  $C_{12}$  について、

$$A_{12} = (1 - \alpha) B_{12} + \alpha C_{12}$$

(ただし  $\alpha$  は実数)

なる演算を施すことを意味する。

【0048】他の原画像データ  $Y_{ij}$  の補間係数  $B_{ij}$ 、 $C_{ij}$  についても、下記式 (3) に示す演算式により線形結合を施して新たな補間係数  $A_{ij}$  を求める。

$$A_{ij} = (1 - \alpha) B_{ij} + \alpha C_{ij} \quad (3)$$

ここで、従来の線形結合においては、係数  $\alpha$  は0から1

までの範囲内の実数であったが、本発明の方法・装置では、この係数  $\alpha$  を0未満の値や1を超える値も採ることができるようにしたため、補間関数  $f$ 、 $g$  のうち鮮鋭度の高いシャープな補間画像を得ることができる方の補間関数により得られる補間画像よりもさらに鮮鋭度の高いシャープな画像を得ることができ、または、補間関数  $f$ 、 $g$  のうち鮮鋭度の低い滑らかな補間画像を得ることができる方の補間関数により得られる補間画像よりもさらに鮮鋭度の低い滑らかな画像を得ることもでき、画像の種類や拡大率に応じて補間画像の鮮鋭度の選択の自由度を大幅に広げることができる。例えば、血管影の放射線画像においては非常にシャープな画像が望まれているため、鮮鋭度の高い方の補間関数についての補間係数

(例えば  $C_{ij}$ ) に対する重み付けの係数を1を超える値に設定すれば鮮鋭度の非常に高い補間画像を得ることができ、一方、肝臓のCTスキャナ画像においてはCTの分解能が低いために生じることがある階段状の濃度変化部分をぼけ気味に再生させることが望まれているため、鮮鋭度の低い方の補間関数についての補間係数 (例えば  $B_{ij}$ ) に対する重み付けの係数を1を超える値に設定すれば鮮鋭度の非常に低い補間画像を得ることができ、これらの種々の要望に応えることができる。

【0050】また入力手段が、所望のレスポンス  $R$  を入力するレスポンス入力手段と、一方の補間関数についての複数の第1のルックアップテーブルおよび他方の補間関数についての複数の第2のルックアップテーブルと、係数算出手段とを有する構成の補間演算装置とした場合には、本発明の方法・装置は、鮮鋭度の変化の程度を把握し易い画像のレスポンス  $R$  を所望の値として直接指定することにより、第1および第2のルックアップテーブルによりそのレスポンスに対応する係数  $\alpha$  を求めるため、無機質な単なる係数としての  $\alpha$  を指定する装置よりも実感に近い鮮鋭度の補間画像を得ることができる。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、本発明の画像データの補間演算方法の実施の形態について説明する。

【0052】図1は本発明の画像データの補間演算方法を実施するための具体的な実施形態である補間演算装置30を内包する画像再生システムを示す概略ブロック図である。図示の画像再生システムは、画像を表す画像データを記憶した画像データ記憶装置10と、所定の再生フォーマットに適合するように画像データ記憶装置10に記憶された画像データ (以下、1次画像データまたは原画像データという)  $S_{org}$  に対して所定の信号処理を施すマルチフォーマット20と、マルチフォーマット20により所定の信号処理が施された画像データ (以下、2次画像データまたは補間画像データという)  $S'$  に基づいて、上記所望の再生フォーマットの可視画像を再生するCRTやプリンタ等の再生手段40とを備えた構成である。

【0053】マルチフォーマット20は、例えば、1枚の

フィルムを互いに異なる4つの小さい領域に分けて、その各領域にそれぞれ異なる4つの画像を縮小してプリントするフォーマット、1枚のフィルム上に1つの大きな画像をそのままプリントするフォーマット、あるいは画像の一部を拡大してその拡大した部分をフィルム上にプリントするフォーマット等、画像を再生するにあたっての各種のフォーマットに適合するように1次画像データ  $S_{org}$  を信号処理するものであり、特に画像の拡大縮小に際して、1次画像データ  $S_{org}$  とはデータ数の異なる2次画像データ（補間画像データ）を補間演算によって算出する本発明の補間演算装置30を内包しているものである。

【0054】ここで本実施形態において使用される1次

$$Y_p 1 = c_{k-1} Y_{k-1} + c_k Y_k + c_{k+1} Y_{k+1} + c_{k+2} Y_{k+2} \quad (22)$$

$$c_{k-1} = (-t^3 + 2t^2 - t) / 2$$

$$c_k = (3t^3 - 5t^2 + 2) / 2$$

$$c_{k+1} = (-3t^3 + 4t^2 + t) / 2$$

$$c_{k+2} = (t^3 - t^2) / 2$$

（ただし、 $t$  ( $0 \leq t \leq 1$ ) は格子間隔を1とし、画素  $X_k$  を基準としたときの補間点  $X_p$  の画素  $X_{k+1}$  方向への位置を示す。）

$$Y_p 2 = b_{k-1} Y_{k-1} + b_k Y_k + b_{k+1} Y_{k+1} + b_{k+2} Y_{k+2} \quad (23)$$

$$b_{k-1} = (-t^3 + 3t^2 - 3t + 1) / 6$$

$$b_k = (3t^3 - 6t^2 + 4) / 6$$

$$b_{k+1} = (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) / 6$$

$$b_{k+2} = t^3 / 6$$

（ただし、 $t$  ( $0 \leq t \leq 1$ ) は格子間隔を1とし、画素  $X_k$  を基準としたときの補間点  $X_p$  の画素  $X_{k+1}$  方向への位置を示す。）

キュービックスプライン補間係数記憶手段32に記憶され

$$a_{k-1} = (1-\alpha) c_{k-1} + \alpha b_{k-1} \\ = \{ (2\alpha-3) t^3 - (3\alpha-6) t^2 - 3t + \alpha \} / 6 \quad (24)$$

$$a_k = (1-\alpha) c_k + \alpha b_k \\ = \{ (9-6\alpha) t^3 + (9\alpha-15) t^2 + (6-2\alpha) \} / 6 \quad (25)$$

$$a_{k+1} = (1-\alpha) c_{k+1} + \alpha b_{k+1} \\ = \{ (6\alpha-9) t^3 - (9\alpha-12) t^2 + 3t + \alpha \} / 6 \quad (26)$$

$$a_{k+2} = (1-\alpha) c_{k+2} + \alpha b_{k+2} \\ = \{ (3-2\alpha) t^3 + (3\alpha-3) t^2 \} / 6 \quad (27)$$

この重み付けの割合を決定する任意のパラメータ  $\alpha$  を補間係数演算手段33に入力する入力手段35と、予め、下記式 (21) の3次のスプライン補間関数演算式を記憶し、補間係数演算手段33により求められたパラメータ  $\alpha$  に応じた補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  および原画

$$Y_p = a_{k-1} Y_{k-1} + a_k Y_k + a_{k+1} Y_{k+1} + a_{k+2} Y_{k+2} \quad (21)$$

なお、記憶手段31に記憶された補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  は、予め前述したアルゴリズムにより求め求められたものである。また上記パラメータ  $\alpha$  は1を

画像データ  $S_{org}$  は、等間隔の周期でサンプリングされた一方向に配列されたサンプリング点（画素） $X_{k-2}$ 、 $X_{k-1}$ 、 $X_k$ 、 $X_{k+1}$ 、 $X_{k+2}$ 、…に対応したデジタル画像データ  $Y_{k-2}$ 、 $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$ 、…である。

【0055】マルチフォーマット20に内包された補間演算装置30は、オリジナルのサンプリング点  $X_k \sim X_{k+1}$  間に設けられた補間点  $X_p$  の第1の2次画像データ  $Y_p 1$  を表す3次のキュービックスプライン補間演算式 (22) における各原画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  にそれぞれ対応する補間係数  $c_{k-1}$ 、 $c_k$ 、 $c_{k+1}$ 、 $c_{k+2}$  を、下記にそれぞれ示すものとして記憶したキュービックスプライン補間係数記憶手段32と、

オリジナルのサンプリング点  $X_k \sim X_{k+1}$  間に設けられた補間点  $X_p$  の第2の2次画像データ  $Y_p 2$  を表す3次のビースプライン補間演算式 (23) における各原画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  にそれぞれ対応する補間係数  $b_{k-1}$ 、 $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 、 $b_{k+2}$  を、下記にそれぞれ示すものとして記憶したビースプライン補間係数記憶手段31と、

た補間係数（以下、キュービックスプライン補間係数という） $c_{k-1}$ 、 $c_k$ 、 $c_{k+1}$ 、 $c_{k+2}$  とビースプライン補間係数記憶手段31に記憶された補間係数（以下、ビースプライン補間係数という） $b_{k-1}$ 、 $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 、 $b_{k+2}$  とを、次式 (24) ~ (27) にしたがって、原画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  に対応するごとに重み付けして加算する補間係数演算手段33と、

像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  に基づいて、補間点  $X_p$  の補間画像データ  $Y_p$  を式 (21) にしたがって求める補間演算手段34とを備えた構成である。

【0056】

超える範囲や0未満の範囲を含む全実数を探ることができ

【0057】また、実際の画像は画素が2次元に配列さ

れて形成されるため、上記補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  は、画像を構成する画素の互いに異なる2つの配列方向（ $i$  方向、 $j$  方向とする）ごとに求められるものであり、そのように求められたものを、補間係数  $A_{ij}$  と表記し、同様にビースプライン補間係数  $b_{k-1}$ 、 $b_k$ 、 $b_{k+1}$ 、 $b_{k+2}$  の  $i$  方向および  $j$  方向ごとに求められるものを  $B_{ij}$ 、キュービックスプライン補間係数  $c_{k-1}$ 、 $c_k$ 、 $c_{k+1}$ 、 $c_{k+2}$  の  $i$  方向および  $j$  方向ごとに求められるものを  $C_{ij}$ 、と表記することがあるものとする。

【0058】さらに、補間係数演算手段33が予め前記式(24)～(27)を記憶しておくことによって、ビースプライン補間係数記憶手段31およびキュービックスプライン補間係数記憶手段32に代えることもできる。

【0059】ここで、本実施形態の画像再生システムは単に補間画像データ  $S'$  を出力するだけでなく、補間画像データ  $S'$  の配列の間隔を原画像データ  $S_{org}$  の配列間隔と同一になるように拡張することによって、補間画像は原画像を拡大したものとして再生される。この処理は通常マルチフォーマット20の機能による。このためマルチフォーマット20には図示しない入力手段から所望の拡大倍率が入力されるように構成されている。

【0060】次に、本実施形態の画像再生システムの作用について説明する。

【0061】まず、マルチフォーマット20は画像データ記憶装置10に予め記憶されている1次画像データ  $S_{org}$  を読み出す。またマルチフォーマット20は、図示しない上記入力手段から入力された拡大倍率に応じた拡大画像を表す2次画像データを得るために、この読み出された1次画像データ  $S_{org}$  をマルチフォーマット20内の補間演算装置30に入力する。

【0062】補間演算装置30に入力された1次画像データ  $S_{org}$  は、補間演算手段34に入力される。

【0063】一方、ビースプライン補間係数記憶手段31、キュービックスプライン補間係数記憶手段32は、図示しないマルチフォーマット20への入力手段から入力された拡大倍率に応じた各補間係数における  $t$  の値を設定する。例えば2倍の拡大率が入力された場合は、 $t$  の値として0.5 および1.0 が設定され、4倍の場合は0.25、0.5、0.75、1.0 の各値が設定され、10倍の場合は0.1、0.2、…、1.0の各値が  $t$  の値として設定される。このようにして設定された  $t$  の値ごとのビースプライン補間係数、キュービックスプライン補間係数は補間係数演算手段33に入力される。

【0064】さらに、入力手段35には、2次画像の所望の鮮鋭度に対応するパラメータ（係数） $\alpha$  の値が入力され、このパラメータ  $\alpha$  の値も補間係数演算手段33に入力される。

【0065】パラメータ  $\alpha$  については、外部から操作者が直接パラメータ  $\alpha$  を入力してもよいし、あるいは操作

者が所望とする補間画像の鮮鋭度に応じたレスポンス  $R$  を入力することにより入力手段35の内部でこのレスポンス  $R$  に対応するパラメータ  $\alpha$  に変換するようにしてもよい。

【0066】このように入力手段35がレスポンス  $R$  の入力を受けてパラメータ  $\alpha$  に変換する機能を有するものとするためには、入力手段35を図3に示す構成とすればよい。

【0067】すなわち図3に示した入力手段35は、補間画像について操作者が所望とするレスポンス  $R$  を入力するレスポンス入力手段35aと、式(22)で表されるキュービックスプライン補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_1$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率（例えば、拡大倍率 1.0倍、1.2倍、…、1.8倍、2.0倍）ごとに予め対応付けて設定された例えば図5（A）に示すような関数形状の6種類の第1のルックアップテーブル35bおよび式(23)で表されるビースプライン補間関数についての空間周波数とレスポンス  $R_2$  とを互いに異なる複数の画像拡大倍率（例えば、拡大倍率 1.0倍、1.2倍、…、1.8倍、2.0倍）ごとに予め対応付けて設定された例えば図（B）に示すような関数形状の6種類の第2のルックアップテーブル35cと、補間画像についての所望の拡大倍率に対応した第1のルックアップテーブル35bおよび第2のルックアップテーブル35cを参照して、画像拡大倍率におけるキュービックスプライン補間関数のレスポンス  $R_1$  およびビースプライン補間関数のレスポンス  $R_2$  を求め、この求められた2つのレスポンス  $R_1$  および  $R_2$  と所望のレスポンス  $R$  とに基づいて、下記式(5)にしたがった演算によりパラメータ  $\alpha$  を求める係数算出手段35dとを備えた構成である。

$$\alpha = (R - R_1) / (R_2 - R_1) \quad (5)$$

なお、第1のルックアップテーブル35bおよび第2のルックアップテーブル35cは、一のデータベースに格納されている。

【0069】入力手段35を上述のように構成することによって、鮮鋭度の変化の程度を実感として把握し易いレスポンス  $R$  による指定が可能となる。

【0070】なお、上記係数算出手段35dがキュービックスプライン補間関数のレスポンス  $R_1$  およびビースプライン補間関数のレスポンス  $R_2$  を求める際の画像拡大倍率は、図示しない入力手段からマルチフォーマット20に入力された所望の拡大倍率である。

【0071】このようにして直接入力され、または入力されたレスポンス  $R$  に基づいて算出されたパラメータ  $\alpha$  は、補間係数演算手段33に入力される。

【0072】補間係数演算手段33は、入力された  $t$  の値ごとのビースプライン補間係数およびキュービックスプライン補間係数と、パラメータ  $\alpha$  とに基づいて、パラメータ  $\alpha$  の値に応じた  $t$  の値ごとの新たな補間係数

$a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  を式 (24) ~ (27) にしたがって算出する。

【0073】算出された新たな補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  は、補間演算手段34に入力される。

【0074】補間演算手段34は、補間係数演算手段33から入力された補間係数  $a_{k-1}$ 、 $a_k$ 、 $a_{k+1}$ 、 $a_{k+2}$  と画像データ記憶装置10から入力された原画像データ  $Y_{k-1}$ 、 $Y_k$ 、 $Y_{k+1}$ 、 $Y_{k+2}$  とに基づいて、記憶された式 (21) の3次のスプライン補間関数演算式にしたがって、 $t$  ごとの補間点  $X_p$  の補間画像データ  $Y_p$  を算出する。

【0075】このようにして得られたすべての補間点の補間画像データ  $S'$  は再生手段40に出力される。

【0076】再生手段40は入力された補間画像データ  $S'$  に基づいた画像を可視画像として再生する。この再生された可視画像は、入力するパラメータ  $\alpha$  の値を変化させるだけで簡単に鮮鋭度が調整されるものである。そして、入力するパラメータ  $\alpha$  を0未満の負の値とすれば、通常のキュービックスプライン補間演算により得られる2次画像よりも鮮鋭度の高いシャープな画像を得ることができ、パラメータ  $\alpha$  を1を超える値とすれば、通常のピースプライン補間演算により得られる2次画像よりも鮮鋭度の低い滑らかな画像を得ることができ、パラメータ  $\alpha$  を0以上1以下の値に設定すれば、ピースプライン補間演算により得られる2次画像とキュービックスプライン補間演算により得られる2次画像との中間的な鮮鋭度の画像を得ることができる。勿論、入力手段35を前述した所望のレスポンス  $R$  を入力する構成とした場合には、所望のレスポンス  $R$  を変化させてレスポンス入力手段35  $a$  に入力すれば、同様にパラメータ  $\alpha$  の値が変化するため、簡単に鮮鋭度の調整を行なうことができる。

【0077】なお、本実施形態の画像再生システムで用いられる補間演算装置30は、画像データ記憶装置10に予め記憶された1次画像データを用いるものについて説明したが、本発明の補間演算装置はこの形態に限るものではなく、例えば図2に示すような画像読取装置により読み取って得られた、画像を表す画像データを用いる形態であってもよい。

【0078】すなわち、図2に示す画像読取装置は、被写体の透過X線画像が蓄積記録された蓄積性蛍光体シート100から、その蓄積記録された透過X線画像を画像情報として読み取る装置である。

【0079】X線画像が記録された蓄積性蛍光体シート100はX線画像読取装置の読取部50の所定位置にセットされる。蓄積性蛍光体シート100が読取部50の所定位置にセットされると、このシート100はモータ51により駆動されるエンドレスベルト52により、矢印Y方向に搬送（副走査）される。一方、レーザー光源53から発せられた光ビーム54はモータ55により駆動され矢印方向に高速回転する回転多面鏡56によって反射偏向され、 $f$

$\theta$  レンズ等の集束レンズ57を通過した後、ミラー58により光路を変えて前記シート100に入射し副走査の方向

（矢印Y方向）と略垂直な矢印X方向に主走査する。シート100の励起光54が照射された箇所からは、蓄積記録されているX線画像情報に応じた光量の輝尽発光光59が発散され、この輝尽発光光59は光ガイド60によって導かれ、フォトマルチプライヤ（光電子増倍管）61によって光電的に検出される。

【0080】この光ガイド60はアクリル板等の導光性材料を成形して作られたものであり、直線状をなす入射端面60aが蓄積性蛍光体シート100上の主走査線に沿って延びるように配され、円環状に形成された射出端面60bにフォトマルチプライヤ61の受光面が結合されている。入射端面60aから光ガイド60内に入射した輝尽発光光59は、該光ガイド60の内部を全反射を繰り返して進み、射出端面60bから射出してフォトマルチプライヤ61に受光され、X線画像を表わす輝尽発光光59がフォトマルチプライヤ61によって電気信号に変換される。

【0081】フォトマルチプライヤ61から出力されたアナログ出力信号  $S$  はログアンプ62で対数的に増幅され、A/D変換器63でデジタル信号化され、これによりオリジナルの1次画像データ  $S_{org}$  が得られ、前述のマルチフォーマッタ20に入力される。

【0082】このように本発明の補間演算装置30に使用される1次画像データは、画像データ記憶装置10に予め記憶されたものであってもよいし、図2に示すような画像読取装置により読み取って得られたものであってもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の画像データの補間演算方法を実施するための具体的な補間演算装置を内包する画像再生システムを示す概略ブロック図

【図2】画像読取装置を示すブロック図

【図3】レスポンス入力手段と、第1および第2のルックアップテーブルと、係数算出手段とを有する構成の入力手段を示す図

【図4】従来の、等間隔の周期でサンプリングされた一方向に配列されたサンプリング点（画素）の原画像データからキュービックスプライン補間演算により補間画像データを求める作用を説明するグラフ

【図5】第1および第2のルックアップテーブルの例を示す、空間周波数とレスポンスとの対応関係を示す概略グラフ

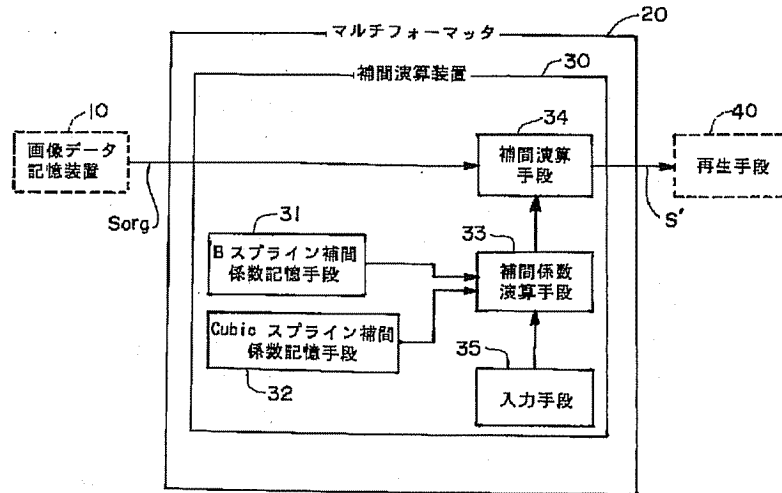
#### 【符号の説明】

- 10 画像データ記憶装置
- 20 マルチフォーマッタ
- 30 補間演算装置
- 31 ピースプライン補間係数記憶手段
- 32 キュービックスプライン補間係数記憶手段
- 33 補間係数演算手段

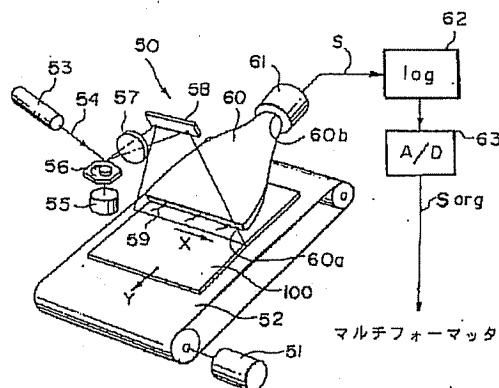
- 34 補間演算手段
- 35 入力手段
- 40 再生手段

Sorg 1次画像データ (原画像データ)  
 S' 2次画像データ (補間画像データ)

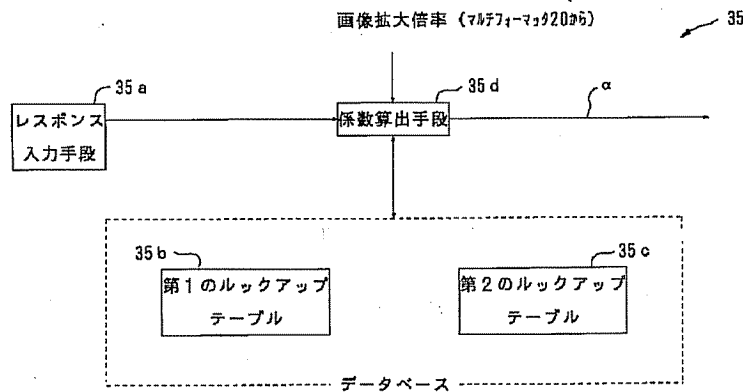
【図1】



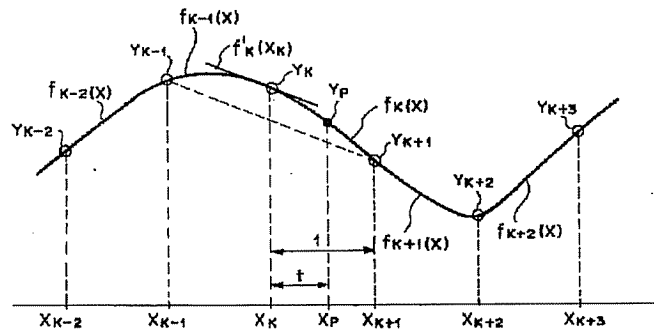
【図2】



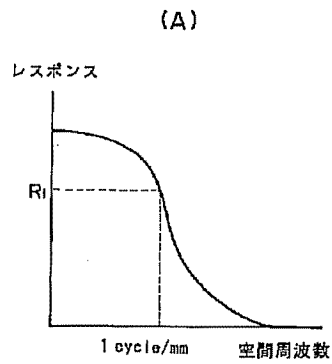
【図3】



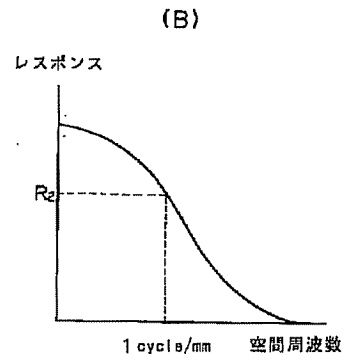
【図4】



【図5】



第1のルックアップテーブル



第2のルックアップテーブル

